
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.313.8; 537.613
DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-11-1030-1033

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ СИНХРОННОГО БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А. А. СИЛАЕВ, М. Я. МАРУСИНА, Д. А. НЕВМЕРЖИЦКИЙ

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: marusina_m@mail.ru*

Рассматриваются особенности конструкции исполнительного механизма нагрузочного стенда для испытания двигателей. Для измерения крутящего момента и скорости вращения использована магнитная муфта. Параметры магнитной муфты и синхронного двигателя, используемого в качестве нагрузочного устройства, рассчитаны с помощью метода конечных элементов. Приведены результаты численного моделирования и получены основные характеристики стенда.

Ключевые слова: *нагрузочный стенд, магнитная муфта, датчик крутящего момента, синхронный двигатель, метод конечных элементов*

При создании синхронных и асинхронных электродвигателей, двигателей внутреннего сгорания и двигателей Стирлинга возникает необходимость измерения их важнейших характеристик, таких как крутящий момент при заданных оборотах двигателя, максимальная скорость вращения и КПД [1, 2]. Однако в настоящее время существует недостаточное количество нагрузочно-испытательных стендов, рассчитанных на диапазон 1—3 кВт, которые предназначены для исследования двигателей, используемых в персональном электротранспорте и в современном электроинструменте.

Для создания подобного стенда необходимо разработать:

- систему защиты от превышения максимального крутящего момента;
- систему нагрузки;
- систему утилизации энергии вращения (используя рекуперативное торможение);
- блок датчиков скорости и крутящего момента;
- блок управления стендом.

Для стендов данного типа основными узлами являются исполнительный механизм блока датчиков скорости и крутящего момента, а также исполнительный механизм системы нагрузки (синхронный двигатель на основе постоянных магнитов); именно эти компоненты и рассмотрены в настоящей статье.

Для измерения крутящего момента предложено использовать магнитную муфту, скручивание которой позволяет определить крутящий момент на испытуемом двигателе. Для измерения угла скручивания на стационарной части стенда были установлены цифровые датчики Холла, определяющие положение ведомой и ведущей частей магнитной муфты. Зная разность фаз сигналов от каждой пары датчиков и количество пар полюсов магнитной муфты, можно определить угол скручивания, а частота сигналов датчиков позволяет получить информацию о скорости вращения двух частей магнитной муфты. Но при использовании муфт

с небольшим коэффициентом жесткости следует рассмотреть варианты решения проблемы возникновения колебаний при изменении скорости вращения испытуемого двигателя [3]. В результате предварительного моделирования муфты, рассчитанной на момент срыва 17 Н·м, был определен коэффициент жесткости, равный 168 Н·м/рад. Для компенсации колебаний можно установить дополнительную магнитную муфту, оснащенную проводящей вставкой, прикрепленной к одной из частей муфты, или произвести программную компенсацию колебаний на стороне блока активной нагрузки [4].

В качестве блока нагрузки предлагается использовать бесколлекторный двигатель с блоком управления. Для минимизации коэффициента пульсаций крутящего момента следует применить беззубцовую конструкцию статора двигателя.

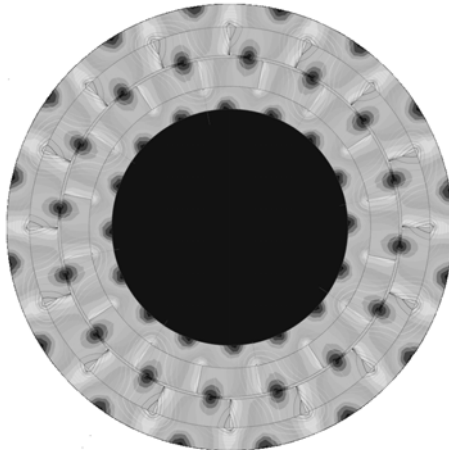


Рис. 1

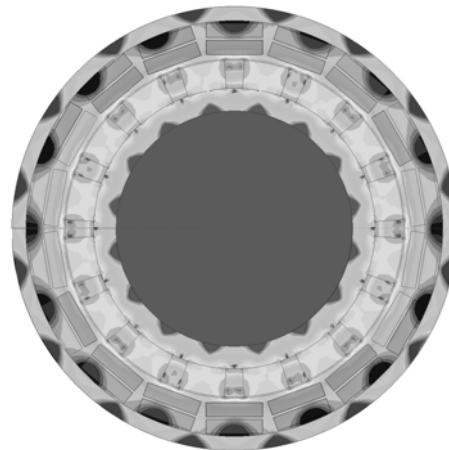


Рис. 2

С целью улучшения удельных массогабаритных характеристик с помощью программ численного моделирования магнитных систем [5—8] и электродвигателей, а также программ оптимизации геометрии магнитных систем [9, 10] были получены предварительные модели магнитной муфты и двигателя. На рис. 1 и 2 соответственно представлены картины распределения магнитной индукции в разрезе магнитной муфты при крутящем моменте срыва и в стационарном состоянии двигателя (при нулевых скорости вращения и плотности тока), рассчитанные на максимальный рабочий крутящий момент 10 Н·м и максимальную скорость вращения 1000 об/мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков В. П., Нестерин В. А. Высокомомментные вентильные электродвигатели серии 5ДВМ // Электротехника. 2000. № 6. С. 19—21.
2. Gieras J. F., Wing M. Introduction in Permanent Magnet Motor Technology. N. Y.: Marcel Dekker Inc., 2002. Vol. 1. P. 12, 13.
3. Lubin T., Mezani S., Rezzoug A. Experimental and theoretical analyses of axial magnetic coupling under steady-state and transient operations // IEEE Transact. on Industrial Electronics. 2013. N 61. P. 4356—4365. DOI: 10.1109/TIE.2013.2266087.
4. Brock S., Deskur J., Janiszewski D., Muszynski R. Active damping of torsional vibrations in servodrives // Power Electronics and Electrical Drivers - Selected Problems. 2007. P. 271—290.
5. Марусина М. Я. Коррекция неоднородности основного магнитного поля МР-томографа на постоянных магнитах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб: СПбГУ ИТМО, 1993.
6. Галайдин П. А., Иванов В. А., Марусина М. Я. Расчет и проектирование электромагнитных систем магниторезонансных томографов: Учеб. пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. 87 с.

7. Marusina M. Y., Bazarov B. A., Galaidin P. A. et al. Magnetic system on the basis of permanent magnets for a flowmeter of multiphase fluid environments // *Measurement Techniques*. 2014. N 57. P. 461. DOI:10.1007/s11018-014-0478-0.
8. Marusina M. Y., Bazarov B. A., Galaidin P. A. et al. Design of a gradient system for a multiphase flowmeter // *Measurement Techniques*. 2014. N 57. P. 580. DOI:10.1007/s11018-014-0501-5.
9. Vitkovskii O. S., Marusina M. Y. Development of a standard system for metrological assurance of measurements of the pressure of saturated vapors of petroleum and petroleum products // *Measurement Techniques*. 2016. N 59. P. 247. DOI:10.1007/s11018-016-0952-y.
10. Марусина М. Я., Силаев А. А. Влияние градиента магнитного поля ионного насоса на пробное тело абсолютного баллистического гравиметра // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2018. Т. 61, № 8. С. 701—705. DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-8-701-705.

Сведения об авторах

- Алексей Алексеевич Силаев** — аспирант; Университет ИТМО; факультет систем управления и робототехники; E-mail: sila3v@gmail.com
- Мария Яковлевна Марусина** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО; факультет систем управления и робототехники; E-mail: marusina_m@mail.ru
- Денис Андреевич Невмержицкий** — аспирант; Университет ИТМО; факультет безопасности информационных технологий; E-mail: dennevmer117@gmail.com

Поступила в редакцию
02.10.19 г.

Ссылка для цитирования: Силаев А. А., Марусина М. Я., Невмержицкий Д. А. Стенд для испытаний синхронного бесколлекторного двигателя // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2019. Т. 62, № 11. С. 1030—1033.

TEST BENCH FOR SYNCHRONOUS BRUSHLESS MOTOR

A. A. Silaev, M. Ya. Marusina, D. A. Nevmerzhitsky

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia
E-mail: marusina_m@mail.ru

Several features of the design of the executive mechanism of the load stand for testing engines are considered. A magnetic coupling is used to measure torque and rotational speed. Parameters of the magnetic coupling as well as of the motor-generator used as the load device, are calculated using the finite element method. Based on presented results of numerical modeling, the main characteristics of the stand are obtained.

Keywords: load stand, magnetic coupling, torque sensor, synchronous motor, finite element method

REFERENCES

1. Zhukov V.P., Nesterin V.A. *Russian Electrical Engineering*, 2000, no. 6, pp. 19–21. (in Russ.)
2. Gieras J.F., Wing M. *Introduction in Permanent Magnet Motor Technology*, NY, Marcel Dekker Inc., 2002, vol. 1, pp. 12–13.
3. Lubin T., Mezani S., Rezzoug A. *IEEE Transact. on Industrial Electronics*, 2013, no. 61, pp. 4356–4365. DOI:10.1109/TIE.2013.2266087.
4. Brock S., Deskur J., Janiszewski D., Muszynski R. *Power Electronics and Electrical Drivers – Selected Problems*, 2007, pp. 271–290.
5. Marusina M.Ya. *Korreksiya neodnorodnosti osnovnogo magnitnogo polya mr-tomografa na postoyannykh magnitakh* (Correction of The Inhomogeneity of The Main Magnetic Field of MRI Scanner with Permanent Magnets), Candidate's Thesis, St. Petersburg, 1993, 128 p. (in Russ.)
6. Galaidin P.A., Ivanov V.A., Marusina M.Ya. *Raschet i proyektirovaniye elektromagnitnykh sistem magnitrezonansnykh tomografov* (Calculation and Design of Electromagnetic Systems of Magnetic Resonance Tomography), St. Petersburg, 2004, 87 p. (in Russ.)
7. Marusina M.Y., Bazarov B.A., Galaidin P.A. et al. *Measurement Techniques*, 2014, no. 57, pp. 461. DOI:10.1007/s11018-014-0478-0.
8. Marusina M.Y., Bazarov B.A., Galaidin P.A. et al. *Measurement Techniques*, 2014, no. 57, pp. 580. DOI:10.1007/s11018-014-0501-5.
9. Vitkovskii O.S., Marusina M.Y. *Measurement Techniques*, 2016, no. 59, pp. 247. DOI:10.1007/s11018-016-0952-y.

10. Marusina M.Ya., Silayev A.A. *Journal of Instrument Engineering*, 2018, no. 8(61), pp. 701–705. DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-8-701-705.

Data on authors

- Alexey A. Silaev** — Post-Graduate Student; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; E-mail: sila3v@gmail.com
- Maria Ya. Marusina** — Dr. Sci., Professor; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; E-mail: marusina_m@mail.ru
- Denis A. Nevmerzhitsky** — Post-Graduate Student; ITMO University, Faculty of Secure Information Technologies; E-mail: dennevmer117@gmail.com

For citation: Silaev A. A., Marusina M. Ya., Nevmerzhitsky D. A. Test bench for synchronous brushless motor. *Journal of Instrument Engineering*. 2019. Vol. 62, N 11. P. 1030—1033 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-11-1030-1033